

Computer-aided intra-operative anatomical object visualization method used during complex brain surgery

Patent Number: DE19807884

Publication date: 1999-09-09

Inventor(s): BRACK CHRISTIAN (DE); ROTH MICHAEL (DE); SCHWEIKARD ACHIM (DE)

Applicant(s): SCHWEIKARD (DE)

Requested Patent: ☐ DE19807884

Application Number: DE19981007884 19980225

Priority Number(s): DE19981007884 19980225

IPC Classification: A61B5/103; A61B6/03

EC Classification: A61B6/08; A61B19/00N

Equivalents:

Abstract

The visualization method provides a three-dimensional image of a required anatomical object (8) during surgery. It uses an imaging device (1), e.g. an X-ray device, to provide images of an anatomical object from different positions, with measurement or calculation of the relative position and orientation of the images, which are compared with preoperative images. It shows the position of the anatomical object relative to at least one surgical instrument (7). An independent claim for a device for intra-operative visualization of an anatomical object is also provided.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

1. The first step is to identify the problem or question that needs to be addressed. This involves understanding the context and the specific requirements of the task.

2. Next, it is important to gather relevant information and data. This can be done through research, consultation with experts, or by analyzing existing data sets.

3. Once the information is gathered, the next step is to analyze it. This involves identifying patterns, trends, and potential solutions. It is important to consider all possible options and weigh their pros and cons.

4. After analysis, a decision must be made. This is often the most challenging part of the process, as it requires choosing the best option from among many possibilities.

5. Finally, the chosen solution must be implemented. This involves putting the plan into action and monitoring the results to ensure that the problem is effectively solved.

Throughout the entire process, it is important to maintain clear communication and documentation. This helps to ensure that everyone involved is on the same page and that the progress of the project is well-recorded.

In conclusion, solving a problem or answering a question is a multi-step process that requires careful planning, analysis, and decision-making. By following these steps, it is possible to effectively address even the most complex challenges.

1. The first step is to identify the problem or question that needs to be answered. This involves understanding the context and the specific requirements of the task.

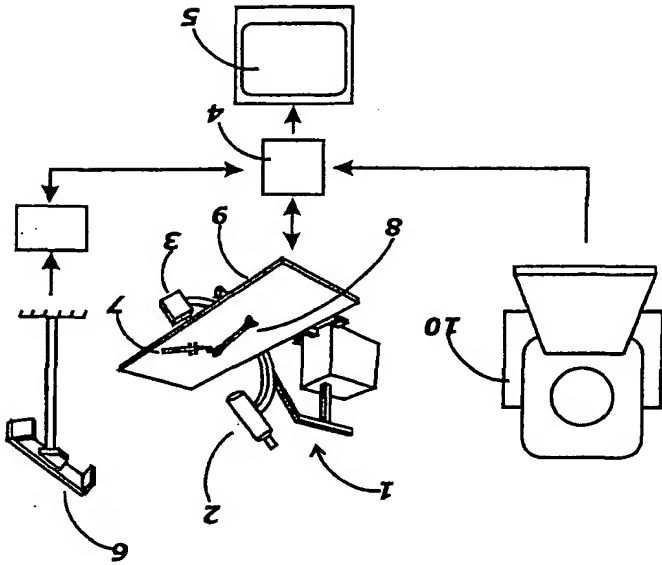
[illegible]

57) Gemäß dem Verfahren zur intraoperativen rechnergestützten Bestimmung von räumlichen Koordinaten anatomischer Zielobjekte

58) Verfahren und Vorrichtung zur intraoperativen rechnergestützten Bestimmung von räumlichen Koordinaten

59) Prüfungsanspruch gem. § 44 PatG ist gestellt

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen



71) Anmelder: Schweikard, Achim, Prof. Dr., 20357 Hamburg, DE

74) Vertreter: Haft, von Puttkamer, Berngruber, Czybulka, 81669 München

72) Erfinder: Schweikard, Achim, Prof., 20357 Hamburg, DE; Brack, Christian, 86459 Gessertshausen, DE; Roth, Michael, 86153 Augsburg, DE

58) Entgegenhaltungen: US 56 62 111 US 53 83 454 CINGUIN, P. (u.a.): Computer Assisted Medical Interventions, in: Z.: IEEE Engineering in Medicine and Biology, Vol. 14, Number 3 Mai/Juni 1995, S. 254-263; VÖLTER, S. (u.a.): Virtual-Reality in der Orthopädie: Prinzipien, Möglichkeiten und Perspektiven in Z.: Z. Orthop. 133 (1995), S. 492-500;

19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT



21) Aktenzeichen: 198 07 884.6

22) Anmeldetag: 25. 2. 98

43) Offenlegungstag: 9. 9. 99

10) DE 198 07 884 A 1

12) Offenlegungsschrift

51) Int. Cl. 6: A61 B 5/103 A 61 B 6/03



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur intraoperativen rechnergestützten Bestimmung von räumlichen Koordinaten anatomischer Zielobjekte.

Während chirurgischer Operationen wird üblicherweise um das zu behandelnde Zielobjekt mit den chirurgischen Instrumenten zu erreichen, lediglich ein kleiner Schnitt durch die Haut des Patienten vorgenommen, wodurch es für den Chirurgen oft schwierig, sogar unmöglich ist, operationssrelevante anatomische Strukturen des Patienten optisch zu erfassen. Deswegen gewinnen Verfahren zur Visualisierung anatomischer Strukturen und Zielobjekte sowie auch der exakten Position der chirurgischen Instrumente zunehmend an Bedeutung.

Außerdem ist es zweckmäßig, zumindest für komplexe Operationen, den Verlauf der Operation im Voraus anhand von meistens rechnergenerierten Aufnahmen zu planen, die dann während der Operation mit den aktuell gewonnenen Aufnahmen verglichen werden, um dadurch eine exakte Durchführung zu gewährleisten.

Verfahren zur intraoperativen rechnergestützten Bestimmung von räumlichen Koordinaten anatomischer Zielobjekte sind bekannt. In der US-A-5 662 111 ist ein Verfahren zur Bestimmung der räumlichen Koordinaten des Kopfes eines Patienten während einer Hirnoperation offenbart, welches die Bestimmung der räumlichen Koordinaten anatomischer Strukturen des Kopfes, z. B. Weichteilstrukturen oder Tumoren, die nicht in Einzelaufnahmen erfassbar sind. Somit entsteht die Notwendigkeit einer dreidimensionalen Rekonstruktion des Zielobjektes anhand von Einzelaufnahmen. Eine derartige Vorgehensweise würde es ermöglichen, für jede Art von Operation ohne stereoskopische Vorrichtung und Marker eine berührungsfreie Bestimmung von räumlichen Koordinaten der räumlichen Koordinaten des Zielobjektes zu erhalten und die relative Position eines Zielobjektes zu einem oder zu mehreren chirurgischen Instrumenten zu ermitteln und zu visualisieren.

Um eine möglichst exakte Visualisierung zu gewährleisten, soll das erfindungsgemäße Verfahren den Schritt der Kalibrierung enthalten, wobei während der Operation auf Kalibrierkörper und stereoskopische Halter oder Marker verzichtet werden soll.

Außerdem soll das vorgeschlagene Verfahren unabhängig von der Art der Bildfassung sein, so daß Röntgen-, Ultraschall-, CT-, Infrarot und andere bildgebende Verfahren eingesetzt werden können.

Weitere Merkmale und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Demgemäß wird vorgeschlagen, mittels der Aufnahmeverrichtung eine oder mehrere Aufnahmen aus unterschiedlicher Position bzw. Orientierung zu machen, wobei bei mehreren Aufnahmen, die für eine dreidimensionale Rekonstruktion erforderlich sind, die relativen Positionen bzw. Orientierungen der Aufnahmen zueinander bestimmt oder berechnet werden.

Zur Bestimmung der relativen Positionen bzw. Orientierungen der Aufnahmen zueinander wird die Position und Orientierung der Aufnahmeverrichtung mittels eines Tracking-Systems, z. B. eines Infrarot-Tracking-Systems oder mittels einer auf der Aufnahmeverrichtung angebrachten

Ein Problem bei Verfahren dieser Art ist die Kalibrierung der Erfassungssysteme bzw. Aufnahmeverrichtungen, die auch räumliche Abhängigkeiten aufweisen kann. Insbesondere können kleine räumliche Variationen des Erdmagnetfeldes zu einer Variation der Verzerrung der gewonnenen Bilder führen, die wiederum in einer künstlichen Ungenauigkeit der Auswertung der Bilder resultieren können.

In der Veröffentlichung Proc. Int. Symp. Comput. Assisted Radiology (CAR), Paris, 781-788, 1996 ist ein Verfahren zur Kalibrierung einer Röntgenkamera und anschließender Bestimmung der räumlichen Koordinaten eines Zielobjektes eines Patienten offenbart. Hierbei werden zwei dreidimensionale Kalibrierkörper verwendet, die leicht zu detektierenden Merkmalen enthalten, wobei der eine direkt vor dem bewegbaren Röntgenverstärker und der andere fest im Raum angeordnet ist. Aus der Kenntnis der Größe und Kon- tur der Kalibrierkörper wird eine parametrisierte Abbildungsmatrix erstellt, die anschließend derart optimiert wird, daß die Bilder der Kalibrierkörper aus mindestens zwei un-

Ein ähnliches Verfahren für Hirnoperationen ist auch aus der US 5 383 454 bekannt, wobei ein Referenznetz um den Kopf des Patienten angebracht wird und die so ermittelten Koordinaten im Koordinaten des Erfassungssystems transformiert werden.

Ein ähnliches Verfahren für Hirnoperationen ist auch aus der US 5 383 454 bekannt, wobei ein Referenznetz um den Kopf des Patienten angebracht wird und die so ermittelten Koordinaten im Koordinaten des Erfassungssystems transformiert werden.

Ein ähnliches Verfahren für Hirnoperationen ist auch aus der US 5 383 454 bekannt, wobei ein Referenznetz um den Kopf des Patienten angebracht wird und die so ermittelten Koordinaten im Koordinaten des Erfassungssystems transformiert werden.

Ein ähnliches Verfahren für Hirnoperationen ist auch aus der US 5 383 454 bekannt, wobei ein Referenznetz um den Kopf des Patienten angebracht wird und die so ermittelten Koordinaten im Koordinaten des Erfassungssystems transformiert werden.

Ein ähnliches Verfahren für Hirnoperationen ist auch aus der US 5 383 454 bekannt, wobei ein Referenznetz um den Kopf des Patienten angebracht wird und die so ermittelten Koordinaten im Koordinaten des Erfassungssystems transformiert werden.

Winkelencodierung verfügt.

Zusätzlich können am Zielobjekt intraoperativ Marken, die für das Tracking-System sichtbar sind, angebracht und verfolgt werden. Dadurch können kleine Bewegungen zwischen Aufnahmen ausgleichend werden.

Alternativ oder zusätzlich dazu kann die relative Lage der Aufnahmen zueinander gemessen werden oder konstruktionsbedingt durch geeignete Voreinstellungen als bekannt vorausgesetzt werden. Eine hier zu diesem Zweck vorgeschlagene Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens enthält im Rahmen einer bevorzugten Ausgestaltung zwei in festem Abstand voneinander angeordnete Aufnahmeeinheiten, so daß die relative Position und Orientierung der Aufnahmeeinheiten bekannt ist.

Anschließend werden die so gewonnenen Aufnahmen mit präoperativ gewonnenen und gespeicherten Aufnahmen mit Hilfe eines Rechners verglichen, um die Position mindestens eines chirurgischen oder eines robotergesteuerten chirurgischen Instrumentes relativ zum Zielobjekt zu bestimmen. Mit dieser Information kann die ermittelte Position des chirurgischen Instrumentes mit einer präoperativ geplanten und gespeicherten Position verglichen werden, um eine exakte Durchführung der Operation zu gewährleisten. Bei einfachen Operationen kann die Planung auch intraoperativ stattfinden. In diesem Fall bezieht sich der Datenabgleich auf intraoperative Aufnahmen. Dabei kann eine optische oder akustische Warnung erzeugt werden, wenn die Abweichung zwischen Soll- und Istzustand des chirurgischen Instrumentes relevant ist.

Eine Warnung kann auch dann erzeugt werden, wenn der Winkelabstand zwischen zwei Aufnahmen zu klein oder ungeeignet ist oder wenn das Zielobjekt nicht geeignet sichtbar ist.

Für nicht in Einzelaufnahmen erfassbare Zielobjekte wird aus mindestens zwei aus unterschiedlicher Orientierung und/oder Position gewonnenen Aufnahmen intraoperativ eine dreidimensionale Rekonstruktion berechnet. Der Vorteil dieses berührungsgelosen Verfahrens liegt auf der Hand: Es sind keine steriotaktischen Vorrichtungen oder Marken am Patienten mehr notwendig, die eine Fixierung des Patienten erfordern und die Operationsdauer um mehrere Stunden verlängern können.

Wie oben beschrieben, wird die absolute Stellung der Aufnahmeeinheit ermittelt oder berechnet, oder die absolute Stellung von Aufnahmen zueinander oder es wird nur die relative Stellung von Aufnahmen zueinander erfaßt oder berechnet. Im letzten Fall müssen noch die vom absoluten Ort der Aufnahmeeinheit abhängigen Kameraparameter erfaßt werden.

Erfindungsgemäß besteht eine Möglichkeit hierzu, dann, kleine statische Marken am Rand des Sichtfeldes der Aufnahmeeinheit (relativ zur Aufnahmeeinheit fest angeordnet) anzubringen.

Es werden dann die relativen Bildpositionen dieser Marken in eine Serie von Aufnahmen präoperativ bestimmt, wobei jeweils Informationen über die zugehörige Absolutlage der Aufnahmeeinheit oder die zugehörigen Kameraparameter gespeichert werden. Intraoperativ können dann aus der relativen Lage der Marken im Bild die zugehörige Information über die Absolutposition, die Kameraparameter, Kameradaten etc. ermittelt oder berechnet werden.

Alternativ kann ein digitaler Bildaufnehmer verwendet werden, der bereits werkseitig entzerrt ist, z. B. durch Messung der Magnetfeldinflüsse o.ä.

Desweiteren wird zum Zweck der Kalibrierung vorgeschlagen, vor der Operation mittels der Aufnahmeeinheit eine Serie von Bildern aus mehreren unterschiedlichen

Winkeln aufzunehmen. Dabei werden bekannte Kalibrierkörper bzw. Kalibriervorrichtungen oder an der Aufnahmeeinheit angebrachte Referenzmarken verwendet. Anschließend werden die - ortsabhängigen - Verzerrungseigenschaften durch ein Kalibrierungs-Parametrimodell beschrieben und gespeichert und die Kalibriervorrichtungen entfernt. Die Eingabedaten des Kalibrierungs-Parametrimodells können sowohl absolute Positionsangaben der Aufnahmeeinheit als auch Sensordaten eines Referenzkörpers (Referenzmarken) sein.

Die während der Operation mittels der Aufnahmeeinheitung gewonnenen Bilder werden vom Rechner mit Hilfe des Kalibrierungs-Parametrimodells ausgewertet und entzerrt dargestellt. Wenn während der Operation eine Aufnahmerichtung ausgesucht wird, der mit einer der bereits gespeicherten nicht übereinstimmt, werden die Verzerrungseigenschaften durch einen Interpolationsalgorithmus aus dem Modell ermittelt. Auch diese Daten werden gespeichert, um bei erneuter Wahl z. B. dieser Aufnahmerichtung das Bild schärfer darstellen zu können. Dabei wird die Position der Erfassungsvorrichtung, z. B. einer C-Bogen-Röntgenkamera kontinuierlich in Echtzeit verfolgt.

Erfindungsgemäß können Warnungen erzeugt werden, wenn der Fehler bei der intraoperativen Kalibrierung einen vorbestimmten Wert überschreitet.

Das erfindungsgemäße Verfahren erfordert deutlich weniger Rechen- und Zeitaufwand, da auf bereits vorhandene Kalibrierungsdaten zurückgegriffen wird. Zudem wird eine Operation möglich, bei der auf eine schmerzhaft Fixierung des Patienten im Operationsbereich verzichtet wird.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die intraoperativen Bilder keine zuverlässigen Kalibrierpunkte enthalten. Dadurch erhöht sich die Zuverlässigkeit der anschließenden Bildverarbeitung erheblich.

Die Aufnahmeeinheit kann eine Röntgen-, Infrarot-, CT-, MR- oder Ultraschallaufnahmeeinheit sein, die eine oder mehrere Aufnahmeeinheiten aufweisen kann.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. In dieser stellen dar:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens für Röntgenaufnahmeeinheiten und des Aufbaus der Vorrichtung zu dessen Durchführung;

Fig. 2 eine detailliertere Darstellung des Tracking-Systems aus Fig. 1;

Fig. 3 eine Variante des Systems zur Bestimmung der Position bzw. Orientierung der Röntgenaufnahmeeinheit;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens für Röntgenaufnahmeeinheiten und des Aufbaus der Vorrichtung zu dessen Durchführung;

Fig. 5 eine Darstellung der Röntgenaufnahmeeinheit aus Fig. 4;

Fig. 6 eine Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Röntgenaufnahmeeinheit aus Fig. 4;

Fig. 7 eine Illustration der Visualisierung der Position bzw. Orientierung eines chirurgischen Instrumentes gemäß der Erfindung;

Fig. 8 eine mit Marken am Rand des Sichtfeldes versehene Röntgenaufnahmeeinheit;

Fig. 9 ein mit Referenzmarken versehenes chirurgisches Instrument; und

Fig. 10 ein robotergesteuertes chirurgisches Instrument, verbunden, an dem ein Bildschirm 5 angeschlossen ist. Die Röntgenaufnahmeeinheit 1 ist mit einem Rechner 4 mit einem Detektor 2 und einer Quelle 3 verbunden. Die Röntgenaufnahmeeinheit 1 wird eine Röntgenaufnahmeeinheit 1 mit einem Detektor 2 und einer Quelle 3 verwendet. Die Röntgenaufnahmeeinheit 1 ist mit einem Rechner 4 verbunden, an dem ein Bildschirm 5 angeschlossen ist. Die Röntgenaufnahmeeinheit 1 wird eine Röntgenaufnahmeeinheit 1 mit einem Detektor 2 und einer Quelle 3 verwendet. Die Röntgenaufnahmeeinheit 1 ist mit einem Rechner 4 verbunden, an dem ein Bildschirm 5 angeschlossen ist.

Infraor-Tracking-Systems 6 verfolgt, dessen Daten an den Rechner 4 weitergeleitet werden. Die Position eines chirurgischen Instrumentes 7 relativ zum Zielobjekt 8, das sich auf dem Tisch 9 befindet, wird ermittelt, mit dem präoperativ gewonnenen CT/MR 10 Daten verglichen, und mit Hilfe des Bildschirms angezeigt. Das chirurgische Instrument 7 ist mit mehreren unterschiedlich orientierten Referenzmarken 11 versehen, die eine Bestimmung von dessen Orientierung ermöglichen.

Das Infraor-Tracking-System 6 enthält anhand Fig. 2 einen Infraor-Detektor 12 und einen Infraor-Detektor 13. In Fig. 2 sind zwei unterschiedliche detektierbare Positionen der Röntgenaufnahmevorrichtung 1 gezeigt.

Fig. 3 zeigt eine Variante zur Ermittlung der Position und Orientierung der Röntgenaufnahmevorrichtung 1. Hier werden der Winkelencoder 14 verwendet. Auch diese Daten werden an den Rechner 4 weitergeleitet. Der Vorteil der Verwendung der Winkelencoder 14 besteht darin, daß die Mobilität der Vorrichtung erhöht wird. In Fig. 3 sind ebenfalls zwei unterschiedliche detektierbare Positionen der Röntgenaufnahmevorrichtung 1 gezeigt.

Gemäß Fig. 4 ist die Röntgenaufnahmevorrichtung 1 als Stereo-C-Bogen ausgebaut und enthält zwei Quellen 3 und zwei Detektoren 2. Der Stereo-C-Bogen 1 ist in Fig. 5 detaillierter dargestellt. Jeder Röntgen-Quelle 3 ist ein Detektor 2 zugeordnet. Dadurch ist die relative Position und Orientierung der mit dieser Vorrichtung gewonnenen Aufnahmen bekannt, und folglich wird kein Tracking-System benötigt. Das chirurgische Instrument 7 enthält keine Referenzmarken, sondern ist für Röntgenstrahlen sichtbar. Wie in Fig. 10 dargestellt, kann anstelle eines einfachen Instrumentes ein robotergesteuertes Instrument 7 verwendet werden.

Fig. 6 illustriert eine weitere Ausführungsform einer Röntgenaufnahmevorrichtung mit zwei Quellen. Beiden Quellen 3 ist ein gemeinsamer Detektor 2 zugeordnet. Die Aufnahmen werden abwechselnd gemacht, wobei zwischen den einzelnen Aufnahmen eine kurze Zeitspanne eingeplant werden sollte, um eine gute Qualität der Aufnahmen zu gewährleisten.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform, die nicht dargestellt ist, enthält die Röntgenaufnahmevorrichtung vier Quellen und einen oder mehrere Detektoren. Es gibt keine feste Zuordnung zwischen Quellen und Detektoren, so daß mehrere Kombinationen möglich sind. Für den Fall, daß vier Quellen und vier Detektoren vorgesehen sind, können sechsundsechzig Aufnahmen unterschiedlicher Orientierung genommen werden.

Für den Fall, daß Einzelaufnahmen keine ausreichende Information über das Zielobjekt geben können, wird aus mindestens zwei Aufnahmen unterschiedlicher Orientierung eine dreidimensionale Rekonstruktion durchgeführt. Wie in Fig. 7 gezeigt, wird das Resultat dreidimensional auf dem Bildschirm 5 angezeigt. Dabei wird die tatsächliche Position des chirurgischen Instrumentes 7 mit der geplanten Position verglichen. Desweiteren kann eine Warnung erzeugt werden, wenn die Abweichung zwischen Soll- und Istzustand relevant ist.

Fig. 8 illustriert die Vorrichtung zur Bestimmung der Information über die Absolutlage oder der Kameraparameter aus der Relativlage der Marken 16 im Bild.

Fig. 9 zeigt ein mit Marken 11 versehenes chirurgisches Instrument 7, wobei die Position der Instrumentenspitze nur aus einer Einzelaufnahme aus dem Schnittpunkt der räumlichen Instrumentenspitze im Bildpunkt berechnet werden kann.

1. Verfahren zur intraoperativen rechnergestützten Bestimmung von räumlichen Koordinaten anatomischer Zielobjekte mit Hilfe einer Aufnahmevorrichtung und Visualisierung für medizinische Eingriffe, dadurch gekennzeichnet,

daß mittels der Aufnahmevorrichtung (1) eine oder mehrere Aufnahmen aus unterschiedlicher Position und/oder Orientierung gemacht werden;

daß die relativen Positionen und Orientierungen der Aufnahmen zueinander, die mittels der Aufnahmevorrichtung (1) gewonnen werden, berechnet werden, gemessen werden, oder konstruktionsbedingt bestimmt werden;

daß diese Aufnahmen mit präoperativ und/oder intraoperativ gewonnenen Aufnahmen verglichen werden, um die relative Position eines Zielobjektes (8) zu mindestens einem chirurgischen Instrument (7) zu ermitteln und zu visualisieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelte Position eines chirurgischen Instrumentes (7) mit einer präoperativ ermittelten und gespeicherten Position verglichen wird, um eine exakte Durchführung der Operation zu gewährleisten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß für nicht in Einzelaufnahmen erfassbare Zielobjekte (8) aus mindestens zwei unterschiedlichen Aufnahmen intraoperativ eine dreidimensionale Rekonstruktion eines Zielobjektes (8) berechnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß als erster Schritt eine Kalibrierung durchgeführt wird, wobei

präoperativ mittels der auch bei der Operation verwendeten Aufnahmevorrichtung eine Serie von Aufnahmen aus mehreren unterschiedlichen Winkeln aufgenommen wird, wobei Kalibrierkörper und/oder Kalibriersysteme an-schließend ganz oder teilweise entfernt werden und wobei

die Verzerrungseigenschaften der Aufnahmen durch ein ortsfestes Kalibrierungs-Parametermodell präoperativ beschreiben und gespeichert werden, wobei die Kalibrierkörper und/oder Kalibriersysteme anschließend ganz oder teilweise entfernt werden und

während der Operation gewonnenen Aufnahmen von einem Rechner mit Hilfe des Kalibrierungs-Parametermodells ausgewertet und eingezeichnet dargestellt werden, wobei dann, wenn während der Operation eine Aufnahmeichtung ausgetauscht wird, die mit einer der bereits gespeicherten nicht übereinstimmt, die Verzerrungseigenschaften durch einen Interpolationsalgorithmus aus dem Kalibrierungs-Parametermodell ermittelt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß präoperativ statische Marken (16) im Sichtfeld der Aufnahmevorrichtung (1) angebracht werden, deren relativen Positionen in eine Serie von Aufnahmen präoperativ bestimmt werden, wobei jeweils die zugehörigen Kameraparameter, oder Kalibrierdaten oder Information über die Absolutposition gespeichert werden, wobei intraoperativ aus der relativen Lage der Marken (16) im Bild die zugehörige Information über die Absolutposition, die Kameraparameter, Kalibrierdaten etc. ermittelt oder berechnet werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

kannt ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19; dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine Einrichtung zur Ermittlung der Position und/oder der Orientierung der Aufnahmevorrichtung (1) vorgesehen ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmevorrichtung (1) eine Röntgenaufnahmevorrichtung ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenaufnahmevorrichtung (1) ein Stereo-C-Bogen-Röntgengerät ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenaufnahmevorrichtung (1) eine Röntgenaufnahmevorrichtung ist, die zwei Quellen (3) und einen Detektor (2) aufweist, wobei die Quellen (3) abwechselnd aktivierbar sind.

24. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenaufnahmevorrichtung (1) eine Röntgenaufnahmevorrichtung ist, die vier Quellen (3) und mindestens einen Detektor (2) aufweist, wobei die Quellen (3) abwechselnd aktivierbar sind.

25. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 18 mit einer bildgebenden Aufnahmevorrichtung (1), einer Recheneinheit (4) und einem Bildschirm (5), dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmevorrichtung (1) eine Aufnahmevorrichtung (1) aufweist und daß die Vorrichtung eine Einrichtung zur Ermittlung der Position und/oder der Orientierung der Aufnahmevorrichtung enthält.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Ermittlung der Position und/oder der Orientierung der Aufnahmevorrichtung (1) auf der Aufnahmevorrichtung angebracht ist.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Tracking-System (6) ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Tracking-System (6) ein Infrarot-Tracking-System ist (6, 13).

29. Vorrichtung nach Anspruch 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmevorrichtung (1) eine CT-, MR-, Ultraschall- oder Infrarot-Aufnahmevorrichtung ist.

30. Vorrichtung nach den Ansprüchen 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmevorrichtung (1) ein C-Bogen-Röntgengerät ist.

31. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmevorrichtung (1) eine CT-, MR-, Ultraschall- oder Infrarot-Aufnahmevorrichtung ist.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine oder mehrere entfernbare Kalibrierungseinrichtungen enthält.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibrierungseinrichtungen Kalibrierkörper sind, die leicht zu detektierende Merkmale enthalten, wobei der eine direkt vor der Aufnahmevorrichtung (1) und der andere fest im Raum angebracht ist.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine oder mehrere Referenzmarken (16) im Sichtfeld der Aufnahmevorrichtung (1) aufweist.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens ein chirurgisches Instrument (7) enthält, welches mit für die Aufnahmevorrichtung (1) sichtbaren Referenzmarken (11) versehen ist.

che, dadurch gekennzeichnet, daß die Position und Orientierung der Aufnahmevorrichtung mittels eines Tracking-Systems (6) ermittelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die intraoperative Position und Orientierung der Aufnahmevorrichtung mittels des Tracking-Systems (6) kontinuierlich in Echtzeit verfolgt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Position und Orientierung der Aufnahmevorrichtung mittels eines Infrarot-Tracking-Systems (6) ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung der relativen Position und/oder Orientierung der Aufnahmevorrichtung mittels Winkelencodern (14) erfolgt.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung der relativen Position und/oder Orientierung der Aufnahmevorrichtung mittels Winkelencodern (14) erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Kalibrierkörper verwendet werden, die leicht zu detektierende Merkmale enthalten, wobei der eine direkt vor der Aufnahmevorrichtung (1) und der andere fest im Raum angeordnet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzmarken (16) wenige im Bild sichtbar bleiben.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der direkt vor der Aufnahmevorrichtung (1) angeordnete Kalibrierkörper intraoperativ angebracht bleibt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Warnung erzeugt wird, wenn der Fehler bei der intraoperativen Kalibrierung einen vorbestimmten Wert überschreitet, und/oder die am nächsten liegende geeignete Position angezeigt wird.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Warnung erzeugt wird, wenn der Winkelabstand zwischen zwei Aufnahmen zu klein oder ungeeignet ist.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Warnung erzeugt wird, wenn das Zielobjekt (8) nicht geeignet ist.

17. Verfahren nach den Ansprüchen 2 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine Warnung erzeugt wird, wenn die ermittelte Position eines chirurgischen Instruments (7) von der idealen Position, die präoperativ oder intraoperativ ermittelt wurde, abweicht.

18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere für ein Tracking-System (6) sichtbare Marken intraoperativ am Zielobjekt (8) befestigt und verfolgt werden, so daß kleine Bewegungen zwischen Aufnahmen ausglich werden.

19. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche mit einer bildgebenden Aufnahmevorrichtung (1), einer Recheneinheit (4) und einem Bildschirm (5), dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmevorrichtung (1) mindestens zwei in festem Abstand voneinander angeordnete Aufnahmevorrichtungen enthält, so daß die relative Position und Orientierung der Aufnahmevorrichtungen be-

36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens ein chirurgisches Instrument (7) enthält, welches für die Aufnahmevorrichtung (1) sichtbar ist.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

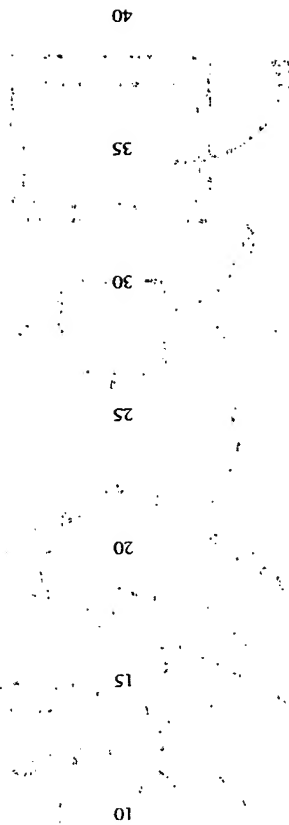
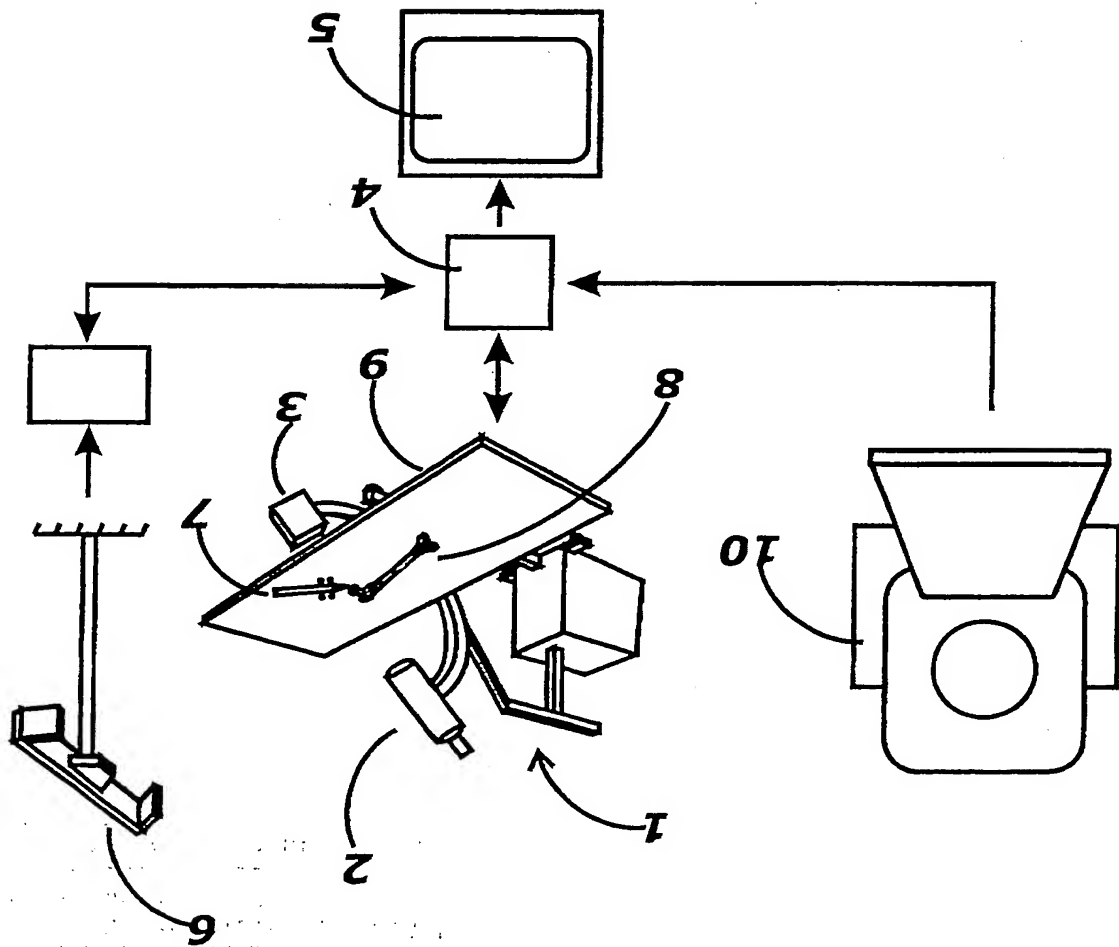


Fig. 1



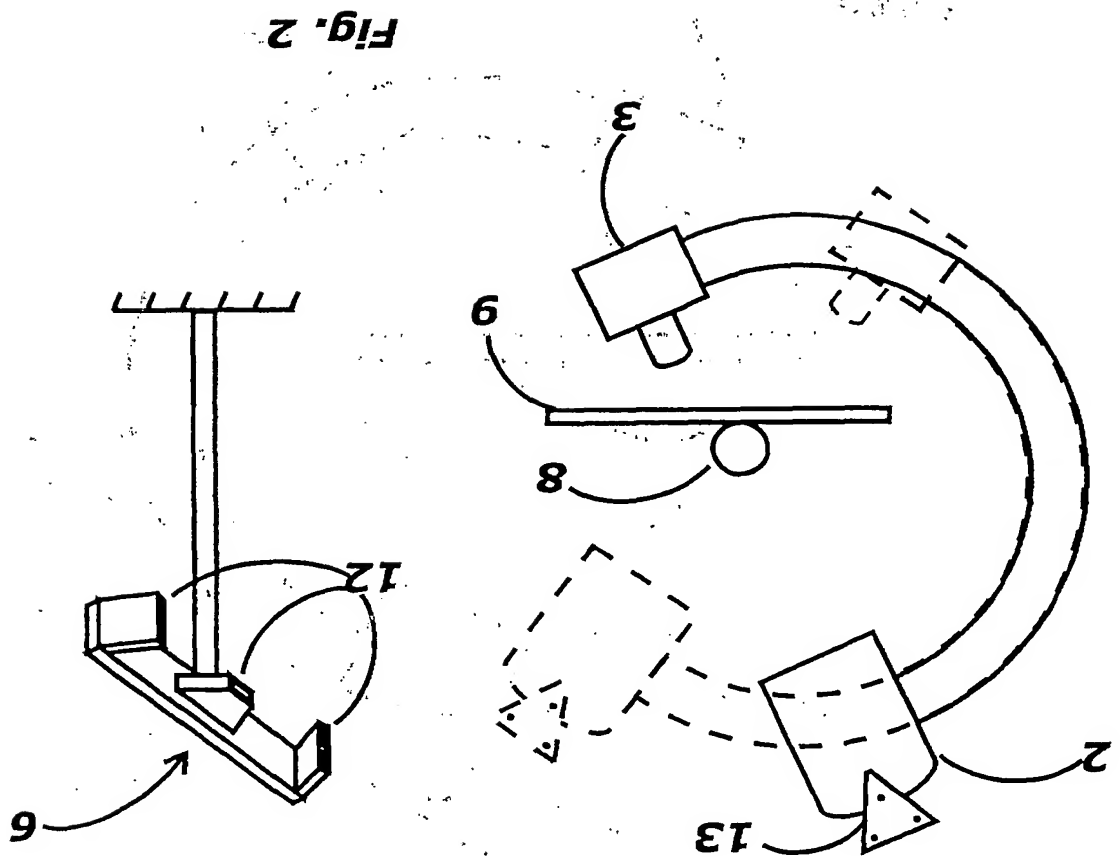
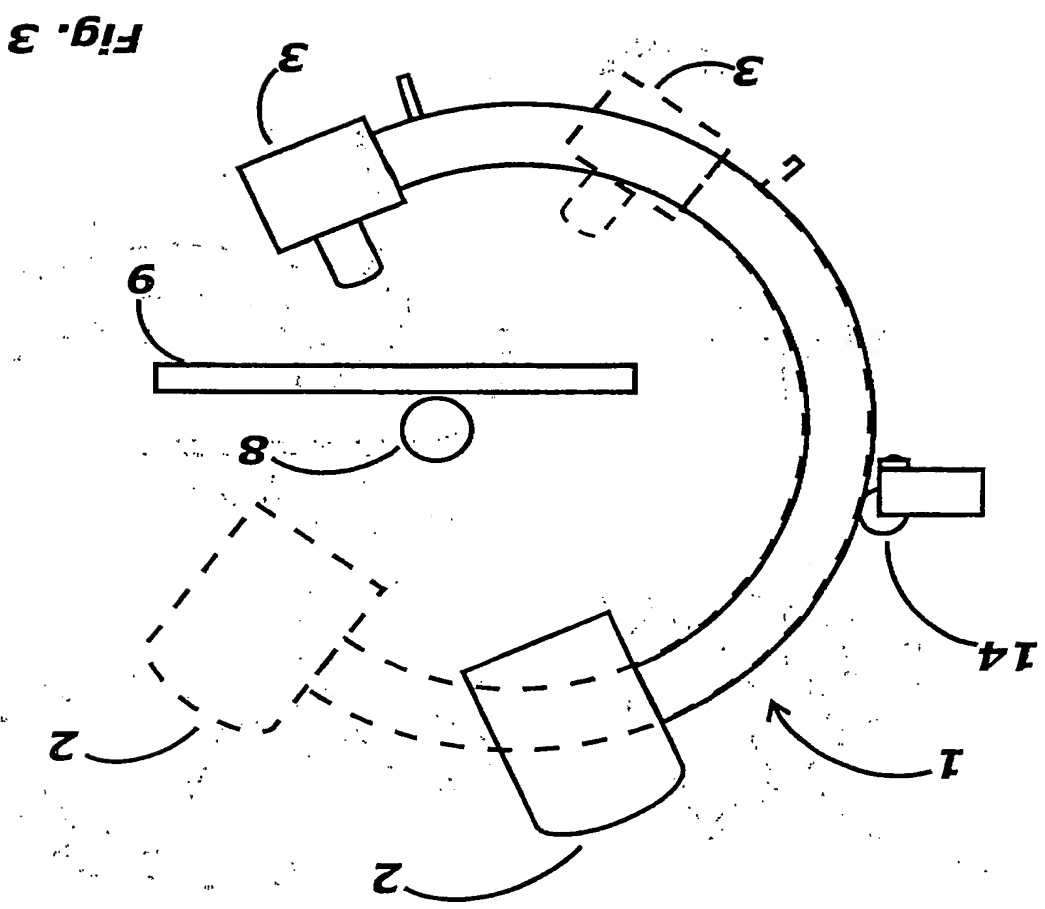
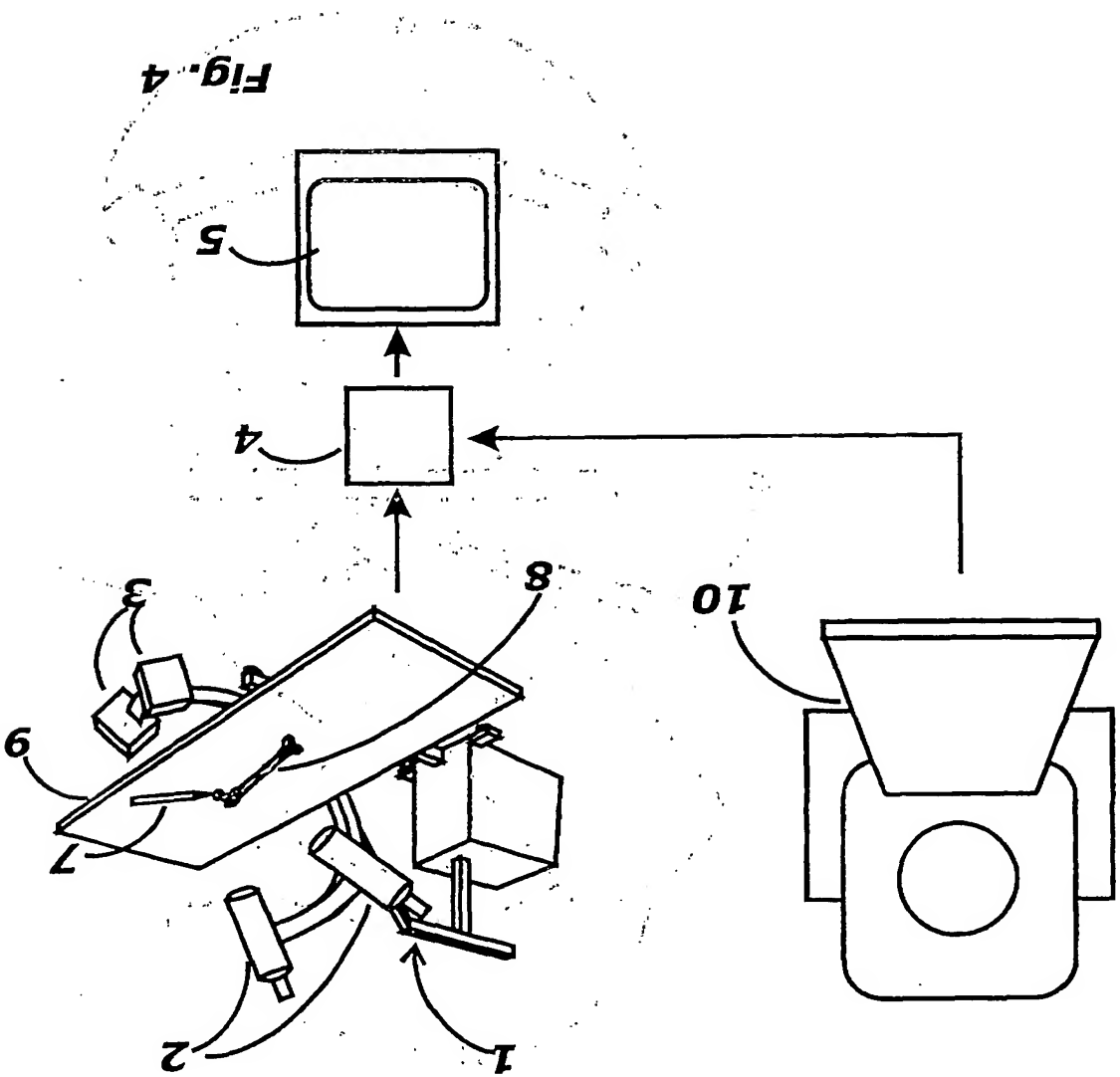


Fig. 2





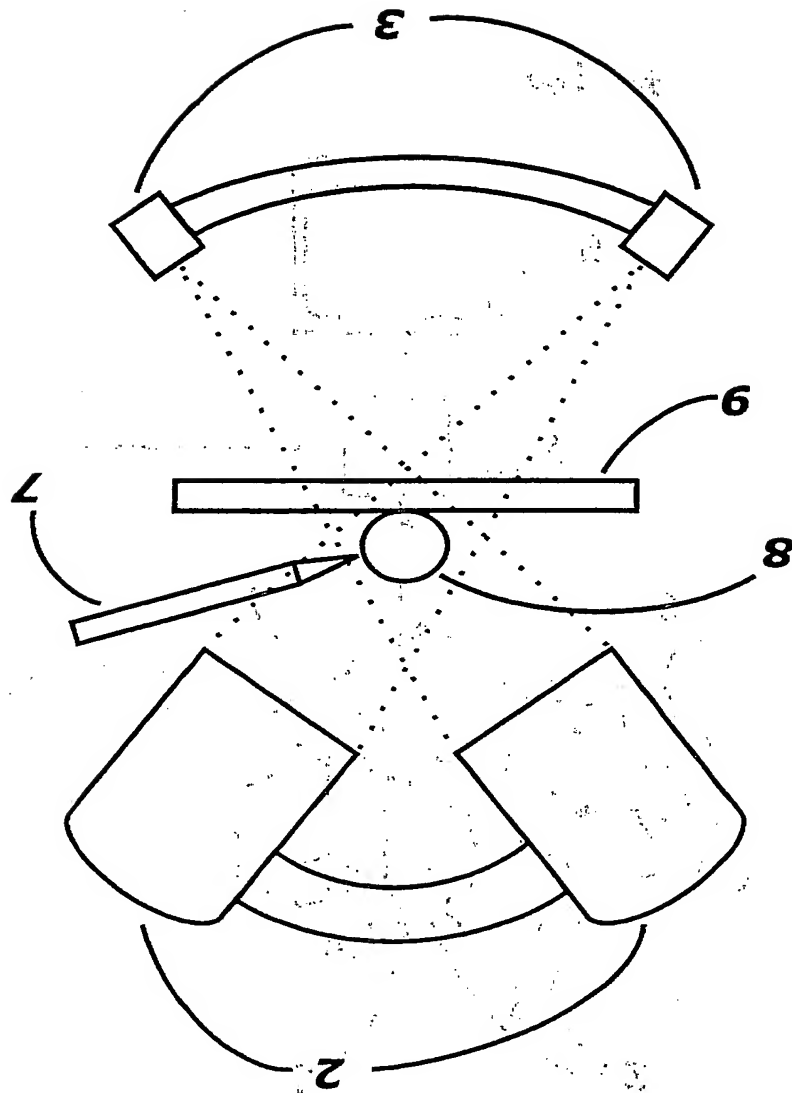
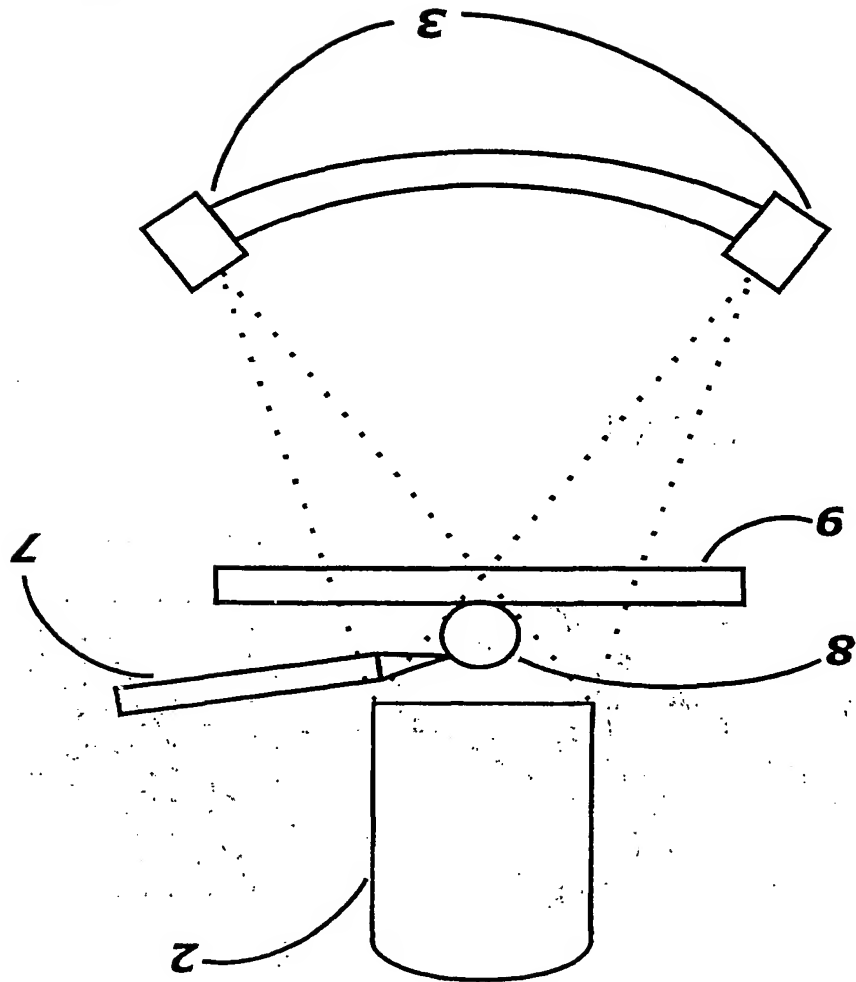


Fig. 5

Fig. 6



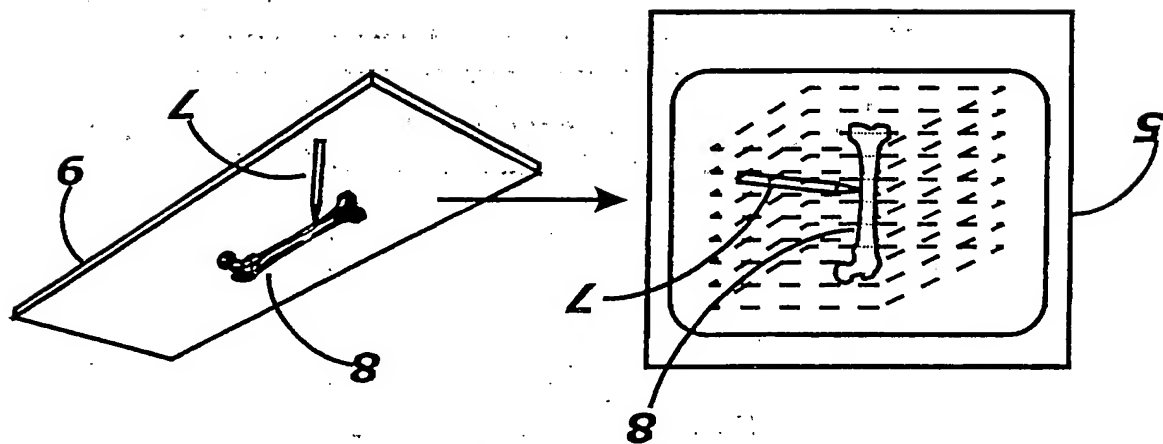


Fig. 7

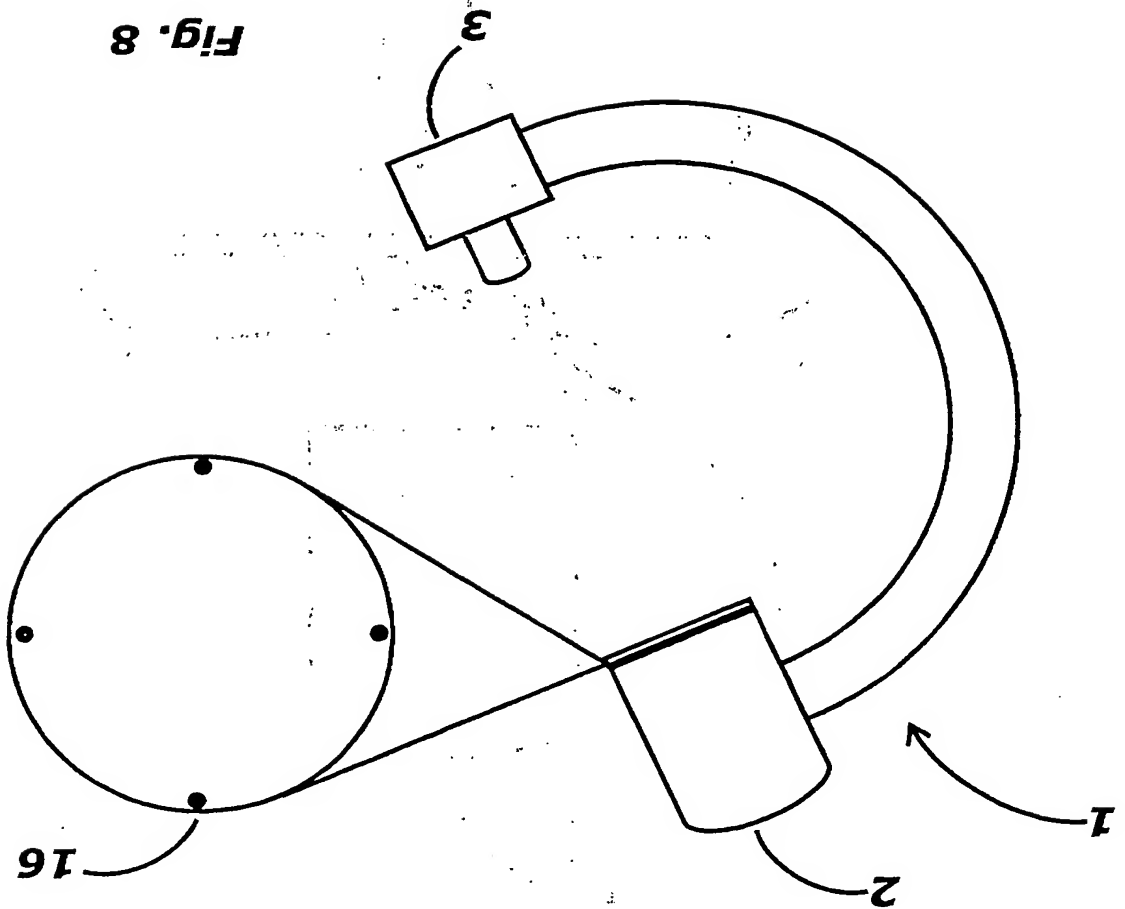


Fig. 8

Fig. 9

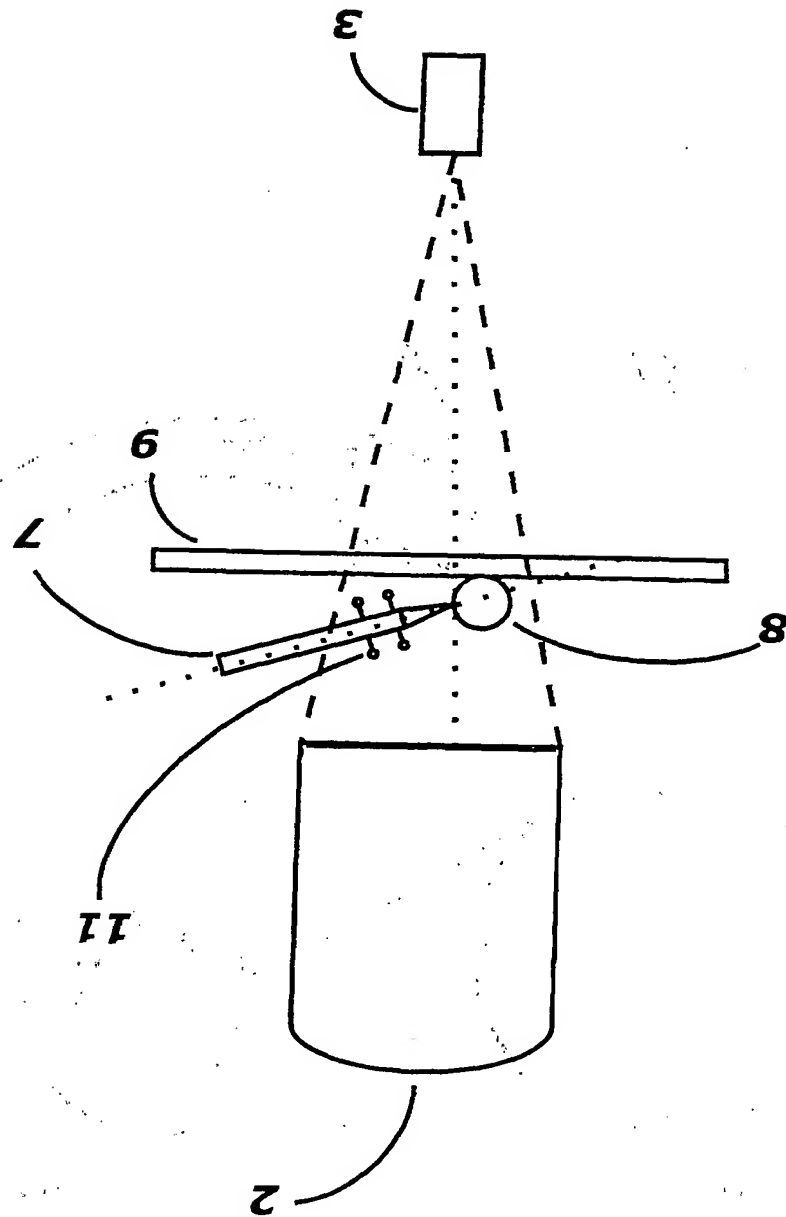


Fig. 10

